

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra robototechniky

Návrh robotizovaného pracoviště pro svařování rozměrných svařenců

The Design of Robotized Workplace for Welding of Large Weldments

Student:

Tomáš Zahradník

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ladislav Kárník, CSc.

Ostrava 2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra robototechniky

Zadání bakalářské práce

Student: **Tomáš Zahradník**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2301R013 Robotika
Téma: **Návrh robotizovaného pracoviště pro svařování rozměrných svařenců**
The Design of Robotized Workplace for Welding of Large Weldments

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte analýzu současného stavu a navrhnete varianty řešení robotizovaného pracoviště svařování rozměrných svařenců.
2. Proveďte výběr optimální varianty.
3. Konstrukční návrh vybrané varianty podrobně rozpracujte dle pokynů vedoucího s využitím CAD systému.
4. Výkresovou dokumentaci zpracujte dle pokynů vedoucího.
5. Vypracujte technickou zprávu s potřebnými výpočty a zhodnoťte dosažené výsledky.
6. Závěr.
7. Práci též doložte v elektronické podobě ve formátu editoru MSWORD, PDF a konstrukční řešení v CAD systému (podle pokynu vedoucího).

Seznam doporučené odborné literatury:

KÁRNÍK, L. *Periferní zařízení RTP*. Skripta VŠB-TUO, Ostrava: 2006, 132 s. ISBN 80-248-1221-5.

KÁRNÍK, L. *Servisní roboty*. VŠB-TU Ostrava, 2004. 144 s. ISBN 80-248-0626-6.

SKARUPA, J. - MOSTÝN, V. *Metody a prostředky návrhu průmyslových a servisních robotů*. Košice: Viena Košice, 2002. 190 s. ISBN 80-88922-55-0.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ladislav Kárník, CSc.**

Datum zadání: 31.10.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014

prof. Dr. Ing. Petr Novák
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou (bakalářskou) práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové (bakalářské) práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 19. 5. 2014




.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.
- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 19.5.2014



.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Tomáš Zahradník

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Fryčovice 454, 739 45

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ZAHRAĐNÍK, T. *Návrh robotizovaného pracoviště pro svařování rozměrných svařenců: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robototechniky, 2014, 36 s. Vedoucí práce: Kárník, L.

Bakalářská práce se zabývá návrhem robotizovaného pracoviště, kde řeší volbu svařovacího robotu včetně potřebných periférií a jejich rozmístění na pracovišti. Na základě průzkumu současných řešení byly navrženy dvě varianty řešení pracoviště. U navržených periférií je uveden základní popis a tabulky s parametry. Práce dále obsahuje popis činností spojené s manipulací s polotovary a hotovými svařenci. V příloze práce se nachází sestavný výkres pracoviště a jeho umístění v rámci výrobní haly.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

ZAHRAĐNÍK, T. *The Design of Robotized Workplace for Welding of Large Weldments: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Robotics, 2014, 36 p. Thesis head: Kárník, L.

This Bachelor's thesis is interested in a robotized workplace and deals with the selection of an appropriate welding machine including required peripheries and its workplace layout. Based on a research of contemporary solutions two variants of the workplace layout were proposed. The proposed peripheries are accompanied with a basic description and a table of parameters. The thesis also includes a description regarding the manipulation with raw metals as well as finished, welded products. A blueprint of the workplace layout and its placement within a manufacturing plant is included as an appendix of this work.

Obsah

Seznam použitého značení a zkratek	7
Úvod	8
1 Rešerše	8
1.1 Svařovací pracoviště	8
1.2 BOKI robotizované systémy	9
1.3 Brány	11
2 Požadavkový list	13
3 Návrh variant řešení a výběr optimální varianty	14
3.1 Hodnotová analýza výběru optimální varianty	16
4 Sortiment výroby	18
5 Manipulace se svařenci a polotovary	19
5.1 Příprava polotovarů před svařováním	19
5.2 Transport svařence	20
6 Bezpečnostní prvky pracoviště	22
7 Robot IRB 2400-10	23
8 Periferie pracoviště	25
9 Sestava pracoviště	31
10 Závěr	32
11 Použitá literatura	34
12 Seznam obrázků, grafů a tabulek	35
13 Seznam příloh	37

Seznam použitého značení a zkratek

Značka	Definice	Jednotka
l_{tru}	Délka trubky	[m]
$l_{tyč}$	Délka tyče	[m]
m_{tru}	Hmotnost 1m polotovaru trubky	[kg]
$m_{tyč}$	Hmotnost 1m polotovaru tyče	[kg]
n_{tru}	Počet kusů trubek ve svařenci	[-]
$n_{tyč}$	Počet kusů tyčí ve svařenci	[-]
s_{kp}	Celková délka krátkých přesunů	[mm]
s_s	Celková délka svarového kovu	[mm]
t	Čas	[s]

Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá využitím automatizace svařovacích procesů ve výrobě. V této práci se jedná o svařování rozměrných svařenců, konkrétně brány různých délek svařované z různých ocelových profilů.

Z poznatků získaných při zkoumání současného stavu této problematiky je úkolem navrhnout 2-3 řešení svařovacího pracoviště a poté dle zvolených kritérií a zvážení výhod a nevýhod, vybrat optimální variantu řešení, kterou je nutno dále detailněji rozpracovat. K vybranému robotu je potřeba navrhnout vhodnou periferii (polohovadlo, svařovací hlavici, pojízdný modul aj.) a její rozmístění po pracovišti.

Práce se také zabývá logistikou polotovarů, frekvencí jejich doplňování v zásobnících a vkládání do přípravků. Veškeré činnosti spjaté s přípravou a procesem samotného svařování je potřeba zhodnotit z hlediska času a případně provést potřebné úpravy v pracovišti.

1 Rešerše

1.1 Svařovací pracoviště

Z hlediska technologie lze tyto pracoviště rozdělit na obloukové a bodové svařování. Pracoviště pro obloukové svařování je vybaveno základním příslušenstvím, jako je svařovací zdroj, hořák a podavač drátu. Dále z důvodu bezpečnosti je na přírubě robotu používán kolizní senzor, který v případě nechtěného kontaktu hořáku s překážkou vyvolá změnu výstupního signálu a na tuto změnu reaguje robot zastavením. Aby byla zaručena stejná kvalita svaru, používá se i čistící stanice hořáku, do které robot pravidelně zajíždí. Zde také probíhá zástřih svařovacího drátu.

Robot určený pro bodové svařování musí být vybaven procesní jednotkou, zajišťující pravidelný oběh a hlídání chladicí kapaliny. Bodové kleště jsou mnohem rozměrnější a těžší než je hořák pro obloukové svařování a z toho důvodu se pro bodové svařování obecně používají roboty s větší nosností. Nejvíce lze tyto kleště spatřit na automatizovaných linkách v automobilovém průmyslu. Až 80 % svarů je realizováno pomocí bodového svařování. [1]

Pro bezchybný chod robotizovaného pracoviště existují velmi důležité faktory, jako je příprava polotovaru a jeho kvalita, přesnost sestavení před svařováním nebo logistika toku materiálu. Při splnění potřebné a především konstantní úrovně těchto faktorů je zajištěn spolehlivý a produktivní chod robotizovaného pracoviště

Robotizovaná svařovací pracoviště nejsou jen doménou hromadné a sériové výroby, jak jsou někdy tato zařízení chápána. Zkušenosti v západní Evropě v poslední době zřetelně ukazují, že lze robotizovaná pracoviště výhodně využívat i v zakázkové výrobě při velmi zajímavé návratnosti vynaložené investice. Neustálý vývoj v oblasti řídicích systémů a softwaru pro tvorbu programů, umožňuje u špičkových výrobců průmyslových robotů využívat stále jednodušší principy programování a dovolit tak uživateli měnit výrobu takřka ze dne na den.[2]

Před robotizací pracoviště je důležité zhodnotit ekonomické možnosti zákazníka. Určitě stojí za zvážení volba mezi plně a polo automatizovaným pracovištěm s lidskou obsluhou. Faktory, jako jsou návratnost nákladů nebo pořizovací cena, zde hrají nemalou roli. S rostoucím zájmem o robotická pracoviště roste i počet dodavatelských firem na trhu, což příznivě ovlivňuje cenu jak samotných robotů, tak i okolní periferie.

1.2 BOKI robotizované systémy

Svařovací portály a sloupy („Column+Boom“) nalézají široké možnosti použití při svařování velkorozměrných součástí, jako jsou ocelové konstrukce, jeřábové nosníky, podélníky silničních a kolejových vozidel či velkorozměrné nádrže. Volba nejvhodnější koncepce stroje, jeho konstrukce, velikost a vybavení závisí nejen na rozměrech svařovaných dílů, ale i na prostorovém uspořádání pracovních stanic, manipulačních možnostech atd. a je vždy předmětem detailního technického posouzení.

Sloupy BKM

Sloupy BKM se nejčastěji používají pro svařování rotačních nádob (v kombinaci s kladkovými polohovadly RB), v provedení s pojezdem jsou vhodné též pro podélné svařování rozměrných ocelových konstrukcí.

Sloup je kotven k podlaze haly nebo montován na pojízdnou plošinu pro pojezd po kolejové dráze. Svislý pohyb ramene elektromotorem a řetězem je vybaven havarijním záchytným mechanismem.

Rameno (programovatelná lineární osa) s univerzální přírubou v čele je připravena pro montáž doplňkových saní se svařovací hlavou

Rozměry (výška \times délka ramene) min 1×1 – max. 5×4 m

Svařovací portály

Standardní vybavení s AC-elektromotorem se zpětnou vazbou pro podélný pojezd s možností rozšíření o další poháněné nebo nepoháněné suporty pro pohyb svařovacích hořáků:

Poloportál BSV

Svařence se ustavují podél pojezdové dráhy z jedné (výložník je pevně montován na vrchní přírubu sloupu) resp. z obou stran (sloup je osazen ložiskem pro manuální nebo motorickou rotaci výložníku s pneumatickou aretací ve 2-3 polohách).

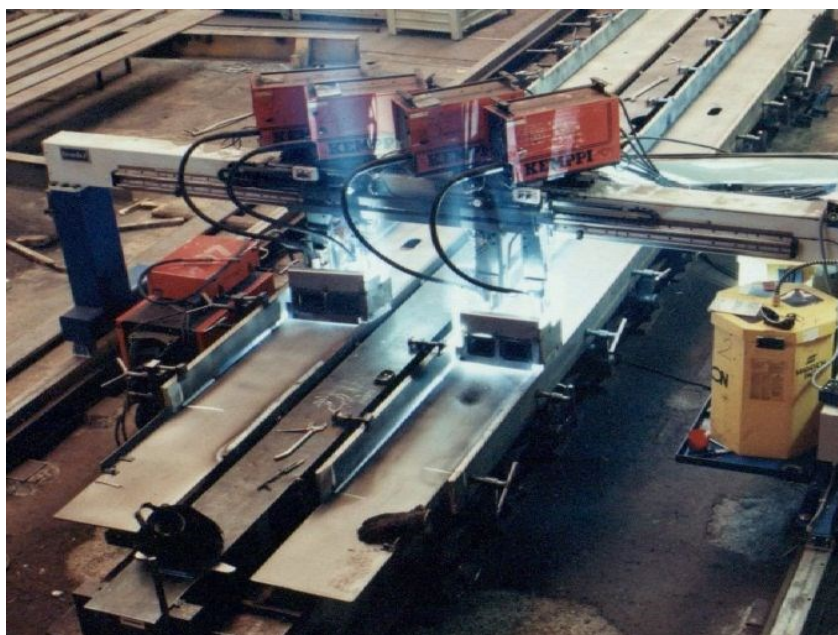
Nosný sloup a pojezdová dráha jsou vyrobeny jako masivní ocelové svařované konstrukce, výložník a nosník svislého pojezdu jsou ocelové nebo z hliníkových profilů. Pro lineární pojezdy jsou použita kuličková vedení a ozubené hřebeny. Jako volitelnou výbavu nabízíme rotační hlavu pro programově řízené nebo manuální otáčení hořáku kolem svislé osy.

Portál BPP

Používá se především pro svařování rozměrných ocelových konstrukcí. Rám stroje se dvěma podpěrnými bočnicemi zaručuje větší tuhost systému i při použití více svařovacích hořáků.

Svařence se ustavují do přípravků, umístěných mezi pojezdovými koleji portálu. Jedna kolejnice může být osazena ozubeným hřebenem, druhá slouží jako podpěrná dráha pro druhou bočnici portálu.

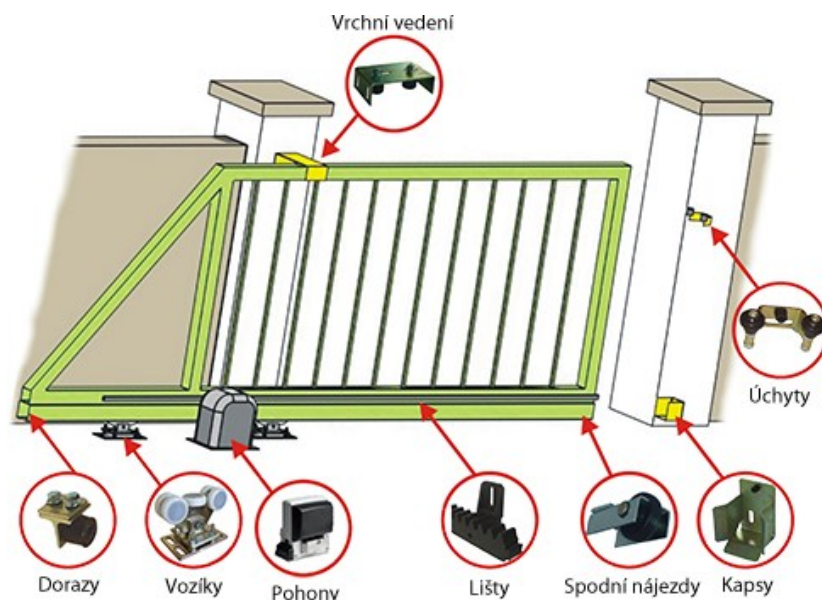
Suporty (obvykle 2 nebo 4 ks) jsou podle konkrétního provedení zavěšeny na vrchní nosník rámu (svisle) nebo k bočnicím (vodorovně). [3]



1 Portálová pracoviště pro svařování dlouhých svařenců [3]

1.3 Brány

Posuvné brány patří mezi moderní možnost provedení vjezdu vozidel do objektu. Klasickým přístupem k otvírání posuvné brány je posun do strany podél plotu, díky čemu posuvné brány efektivně šetří prostor. Nespornou výhodou posuvných bran je i jejich stabilní konstrukce. Aplikace posuvných bran je možná jak pro privátní objekty, tak pro velké průmyslové závody a jiné provozovny. Finální vzhled posuvných bran většinou závisí na individuální domluvě mezi výrobcem a zákazníkem, to samé platí o použitém materiálu. Na následujícím schématickém obrázku je možno vidět základní komponenty klasické posuvné brány.

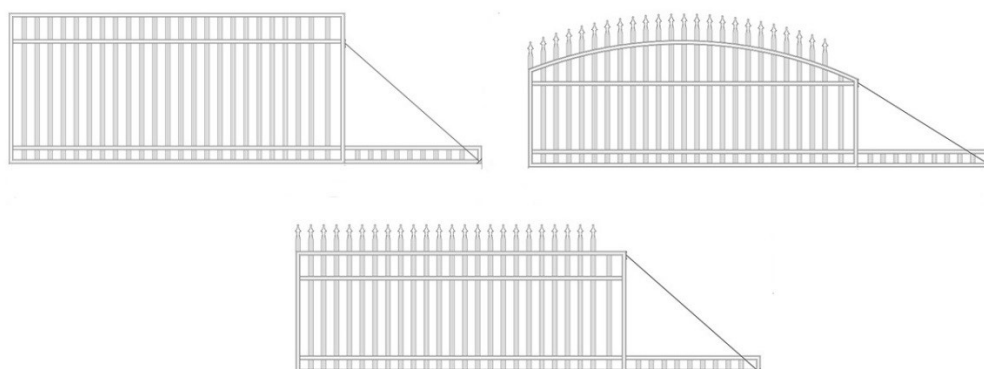


2 Schéma posuvné brány[4]

Druhy posuvných bran

Standardní posuvné brány mohou být samonosné či pojezdové. Samonosné posuvné brány (nebo též nesené posuvné brány) se pohybují v prostoru nad povrchem, tudíž je možno posuvné brány instalovat i v terénu, který je nepravidelný, dokonce i svažité a proto je možno samonosné posuvné brány postavit v jakékoli výšce nad zemí. Díky kuličkovým ložiskům je posuvná brána tišší a je jimi snižován odpor. Ve výrobě se vyskytují tři základní provedení brán - linie, rádius a rovné.

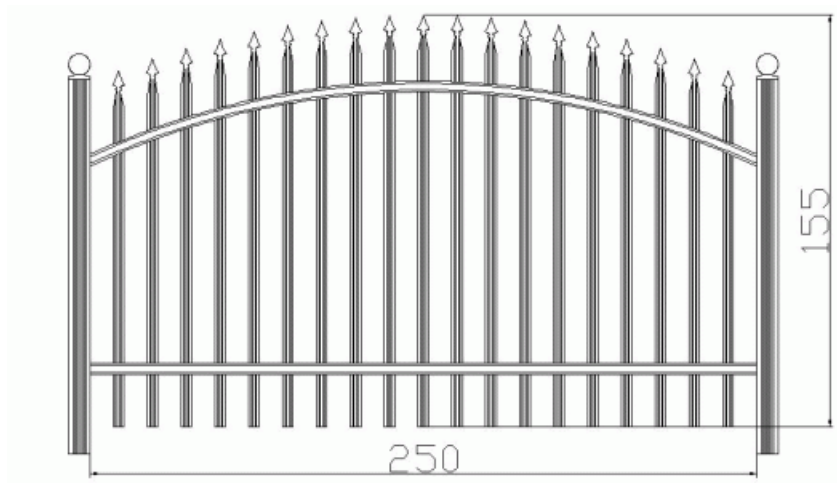
Jiný způsob je užit u pojezdových posuvných brán. Do země je zabetonovaná kolejnička, po které jezdí pojezdová posuvná brána na kolečkách. Omezujícím faktorem je nutnost použití pouze u vodorovného povrchu.[5]



3 Základní tvary posuvných brán

Kovové ploty

Kovové plotové pole je žebrované a zakončené buď ozdobnými špičkami, nebo liniovým profilem. Stejně jako u brány se vyskytují tři základní provedení – rovné, rádius nebo linie. Plotové pole bývá vyrobené ze za studena opracované tvrdé oceli.



4 Plotové pole typu rádius

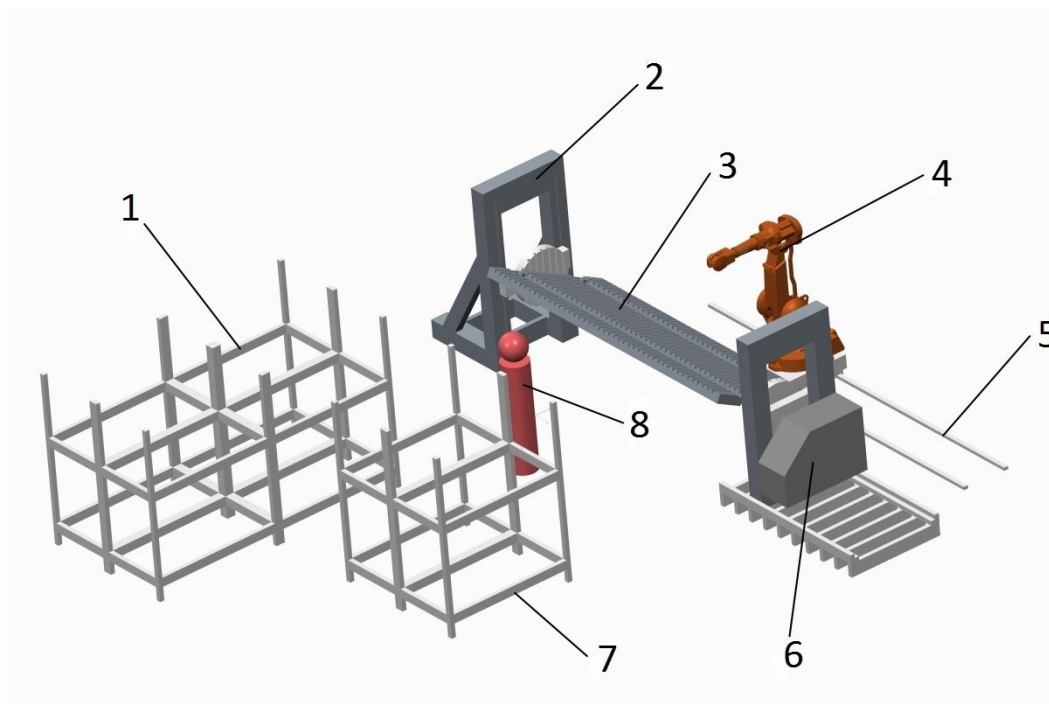
2 Požadavkový list

- Rozměry brán
 - šířka: 3500 - 5000 mm
 - výška: 1500 mm
- Nosnost polohovadla min. 1000 kg
- Maximální půdorysný rozměr pracoviště 15x8 m
- Užití centrálního systému odsávání zplodin
- Z důvodů minimalizace nákladů je možno využít lidskou obsluhu u pracoviště
- Jednosměnný provoz
- Použití obloukového svařování
- Minimalizace nákladů
- Různé profily svařovaných rámců
- Zdroj napětí 380V
- Využití stlačeného vzduchu k upnutí polotovarů

3 Návrh variant řešení a výběr optimální varianty

Varianta A

Svařovací proces zajišťuje robot ABB IRB 2400, který je umístěn na pojízdném modulu kvůli zvětšení pracovního prostoru při svařování větších typů brán. Snadnější přístup ke svaru zaručuje polohovadlo s dvěma stupni volnosti – rotaci kolem vlastní osy a svislý pohyb. Díky pojízdné konstrukci jedné stoličky polohovadla je možné svařovat různě dlouhé svařence na tom samém pracovišti. Vkládání profilů do přípravku zajišťuje lidská obsluha, kdy jednotlivé typy svařovaných dílů jsou umístěny v ocelových zásobnících. Dostatečná stabilita polotovaru v přípravku je zajištěna pneumatickýma upínkami na přípravku. Transport svařené brány a výměny přípravků jsou prováděny pomocí portálového jeřábu v hale.

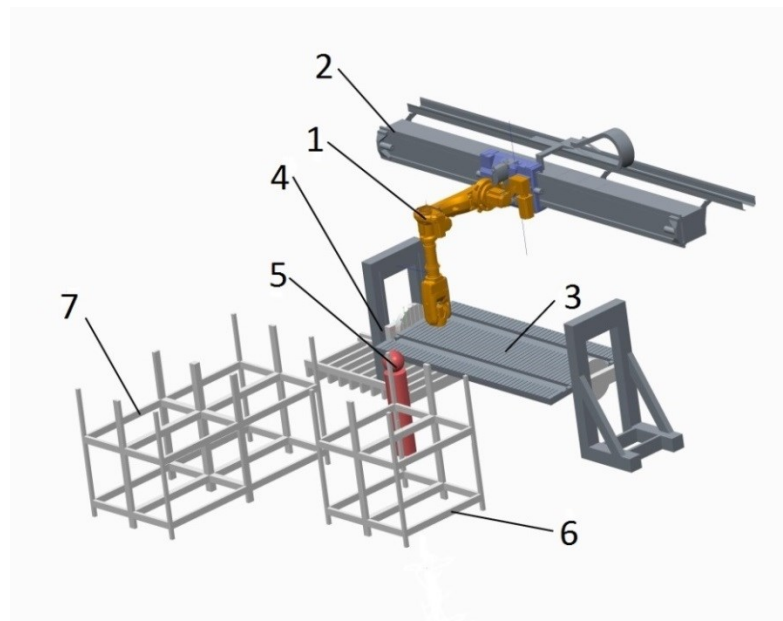


1. Paleta velká
2. Polohovadlo – 2 stupně volnosti (rotace, posuv ve svislém směru)
3. Přípravek pro daný typ brány
4. ABB IRB 2400
5. Posuv robotu v ose přípravku
6. Pohon + řídicí jednotka pro polohovadlo
7. Paleta malá
8. Lidská obsluha k uložení profilů do přípravku

5 Varianta A

Varianta B

Oproti variantě A je zde použit 5-osý robot zavěšen na lineární ose – ABB IRB 6620LX. To zaručuje lepší přístup k polohovadlu nebo jiné využití prostoru. Nevýhodou tohoto provedení je ztížení přístupu shora k polohovadlu. Snadnější přístup ke svaru zaručuje polohovadlo s dvěma stupni volnosti – rotaci kolem vlastní osy a svislý pohyb. Díky pojízdné konstrukci jedné stolice polohovadla je možné svařovat různě dlouhé svařence na tom samém pracovišti. Vkládání profilů do přípravku zajišťuje lidská obsluha, kdy jednotlivé typy svařovaných dílů jsou umístěny v ocelových paletách. Příprava svařovaných dílů lze provést taky zavedením dalšího manipulátoru, kde je ovšem nutno zvážit ekonomickou návratnost. Dostatečná stabilita polotovaru v přípravku je zajištěna pneumatickýma upínkami na přípravku. Transport svařené brány a výměny přípravků jsou prováděny pomocí portálového jeřábu v hale.



1. ABB IRB 6620LX
2. Závěsná kolej pro rameno robotu
3. Přípravek pro daný typ brány
4. Pohon + řídicí jednotka pro polohovadlo 2 stupně volnosti (rotace, posuv ve svislém směru)
5. Lidská obsluha k uložení profilů do přípravku
6. Paleta malá
7. Paleta velká

6 Varianta B

3.1 Hodnotová analýza výběru optimální varianty

Volba a hodnocení kritérií

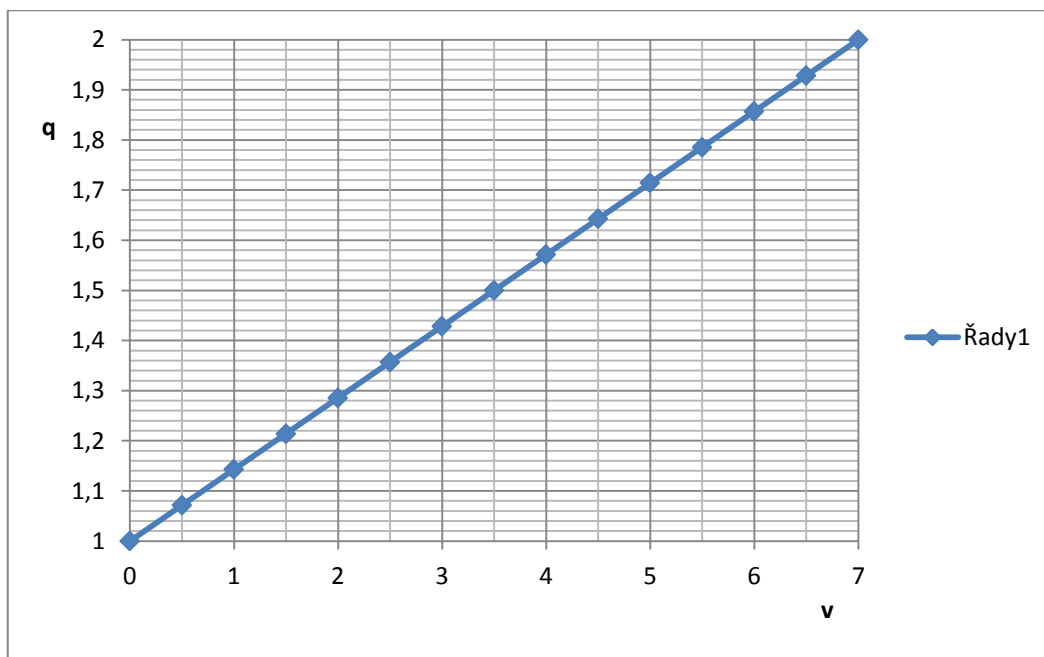
Označení kritéria	Kritérium	Var A	Var B
K1	Náklady na montáž	5	2
K2	Údržba	5	3
K3	Zástavbová plocha	2	6
K4	Zdroj energie	3	3
K5	Přístup k přípravku	4	6
K6	Pracovní prostor robotu	5	3
K7	Cena	5	4

7 Hodnocení kritérií

Určení významnosti

Porovnávané páry kritérií							Počet voleb	Pořadí	Míra významnosti
K1	K1	K1	K1	K1	K1	K1	2	6	1,29
K2	K3	K4	K5	K6	K7				
K2		K2	K2	K2	K2	K2	3	3	1,42
K1		K3	K4	K5	K6	K7			
K3	K3		K3	K3	K3	K3	3	3	1,42
K1	K2		K4	K5	K6	K7			
K4	K4	K4		K4	K4	K4	0	7	1
K1	K2	K3		K5	K6	K7			
K5	K5	K5	K5		K5	K5	3	3	1,43
K1	K2	K3	K4		K6	K7			
K6	K6	K6	K6	K6		K6	4	2	1,57
K1	K2	K3	K4	K5		K7			
K7	K7	K7	K7	K7	K7		6	1	1,86
K1	K2	K3	K4	K5	K6				

8 Metoda porovnávání v páru



9 Graf určení významnosti

Hodnocení variant

VARIANTA A			
Kritérium	Hodnota kritéria	Váha významnosti kritéria	Vážený index kritéria
K1	5	1,29	6,45
K2	5	1,42	7,1
K3	2	1,42	2,84
K4	3	1	3
K5	4	1,43	5,72
K6	5	1,57	7,85
K7	5	1,86	9,3

suma	42,26
------	-------

VARIANTA B			
Kritérium	Hodnota kritéria	Váha významnosti kritéria	Vážený index kritéria
K1	2	1,29	2,58
K2	3	1,42	4,26
K3	6	1,42	8,52
K4	3	1	3
K5	6	1,43	8,58
K6	3	1,57	4,71
K7	4	1,86	7,44

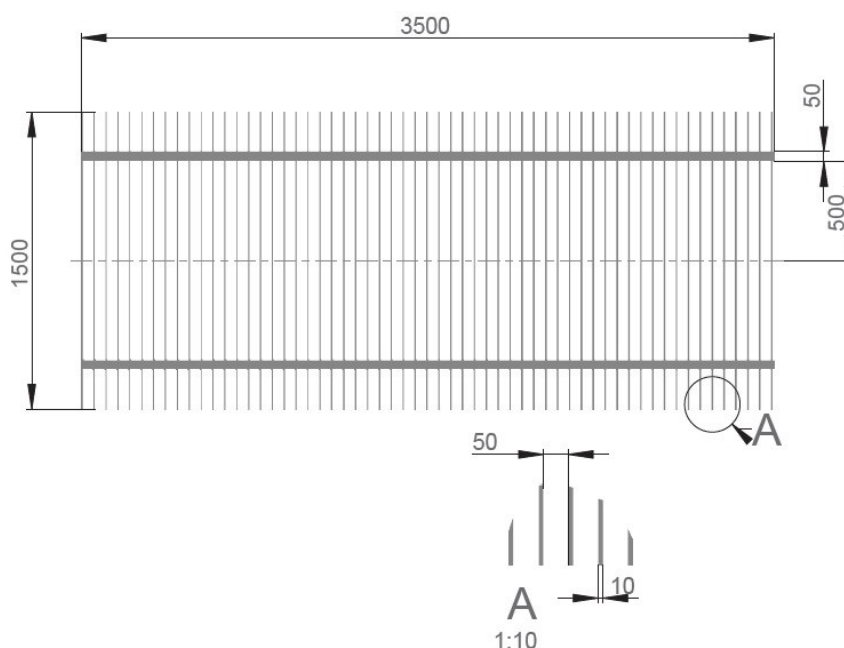
suma	39,09
------	-------

10 Výsledné porování variant

4 Sortiment výroby

Základní typ brány je tvořen svařovanou konstrukcí čtvercových a obdélníkových profilů svařitelných ocelí.

- TR 4HR 50x35 x 3 – 3500 - ČSN 42 5720.00 – 11523.0
- 4HR 10 – 12 0000 - ČSN 42 5520.20 - 11523.0



11 Rozměry základního typu brány

Výpočet hmotnosti brány (viz obr. 11):

$$m_{tru} = 3,46 \left[\frac{kg}{m} \right], [6, \text{ str. } 302]$$

$$m_{tyč} = 0,785 \left[\frac{kg}{m} \right], [6, \text{ str. } 282]$$

$$m_{brány} = n_{tru} * m_{tru} * l_{tru} + n_{tyč} * m_{tyč} * l_{tyč} [kg]$$

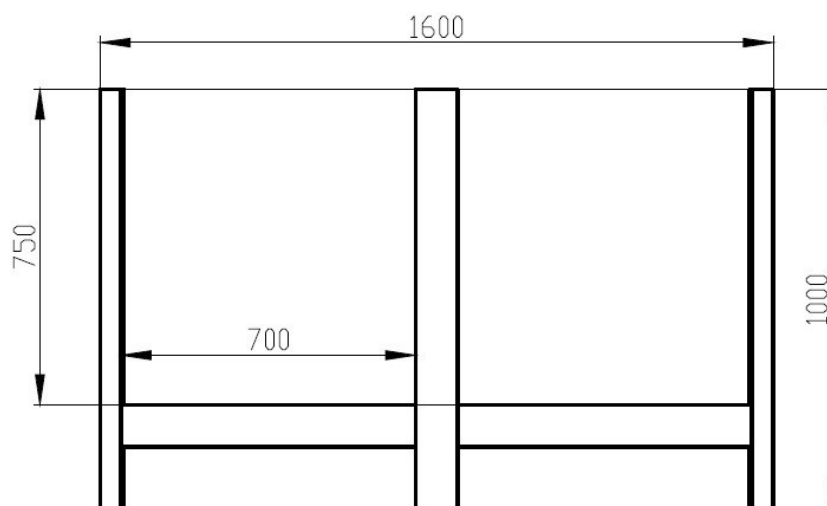
$$m_{brány} = 2 * 3,46 * 3,5 + 70 * 0,785 * 1,5 [kg]$$

$$m_{brány} = 106,65 [kg]$$

Teoretická hmotnost svarového kovu svaru a3 byla vyčtena na $0,1 \text{ kg} * m^{-1}$ [7]. Pro bránu délky 3,5 metru je výsledná hmotnost svarového kovu 0,252 kg, což je vzhledem hmotnosti brány zanedbatelné.

5 Manipulace se svařenci a polotovary

Jednotlivé polotovary jsou uloženy v paletách umístěných mimo svařovací buňku. Oproti původnímu návrhu varianty A jsou palety s kratšími polotovary otočeny o 90° a umístěny po stranách polohovadel tak, aby bylo zajištění snadnější a rychlejší odebrání polotovarů z palety.



12 Nárys palety pro tyče 4HR-10

Aby bylo možno palety vyměňovat vysokozdvížným vozíkem s nosností 2 000 kg, je na paletu (viz obr. 12) možno umístit 1260 ks tyčí o délce hrany 10 mm a délce 1500 mm. Toto množství polotovarů vystačí na 18 celých brán, tudíž paletu bude nutno vyměnit každé 3 hodiny. Při uskladnění dvou palet na sobě bude muset obsluha provádět doplňování maximálně dvakrát za směnu. Při překročení počtu kusu polotovarů v paletě je nutno k transportu palety použít portálový jeřáb v hale.

5.1 Příprava polotovarů před svařováním

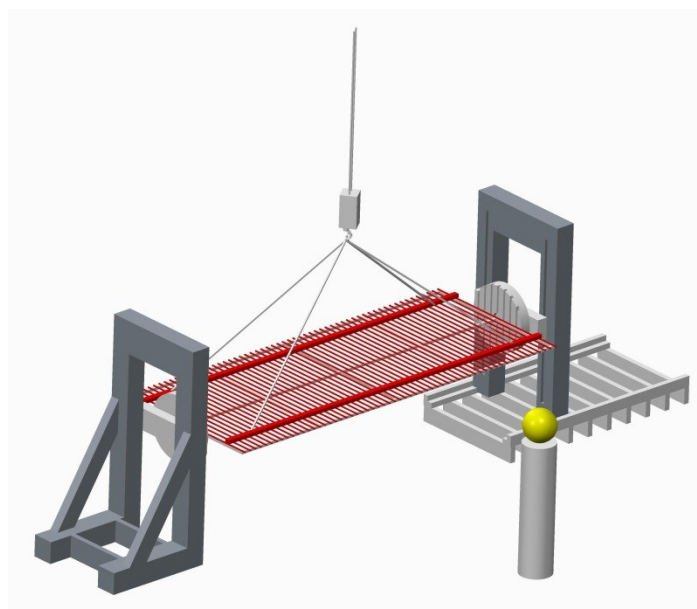
Přípravky tvoří svařované konstrukce, na které se umístí soustava pneumatických upínek. Poté, co obsluha vloží polotovary do upínek, se spustí přívod vzduchu, upínky se uzavřou a zajistí tak stálou polohu polotovaru v přípravku. Je nutné volit takové upínky (např. otočné, viz obr. 13), které při otevření nebudou omezovat pohyb svařence směrem vzhůru. S hmotností přípravku je nutno počítat při volbě nosnosti polohovadla.



13 Pneumatické upínky DESTACO

5.2 Transport svařence

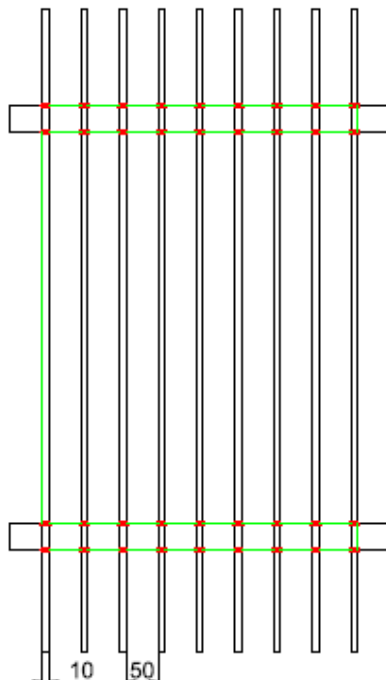
Pro transport hotových svařených brán obsluha pracoviště využije jeřáb v hale. Obsluha provede připevnění čtyř háků za nosný profil brány (viz obr. 14) a přemístí svařenec na předem připravené místo, kde bude brána odebrána pracovníkem z dalšího technologického pracoviště. V případě svařování brán maximální délky je nutná pomoc dalšího pracovníka.



14 Odebírání hotového svařence z polohovadla

Výpočet doby trvání svařovacího cyklu

Výpočet doby svařovacího cyklu prováděný na půlmetrovém vzorku brány, který se posléze vynásobí dle potřeby podle velikosti brány.



15 Dráha hlavičky robotu při provádění sváru na 0,5m vzorku brány

Legenda: ■ - svar

■ - přesun robotu

Dráha svařovací hubice na obr. 15 byla navržena pro orientační výpočet, případné změny dráhy svařovací hubice je možno konzultovat s technologem.

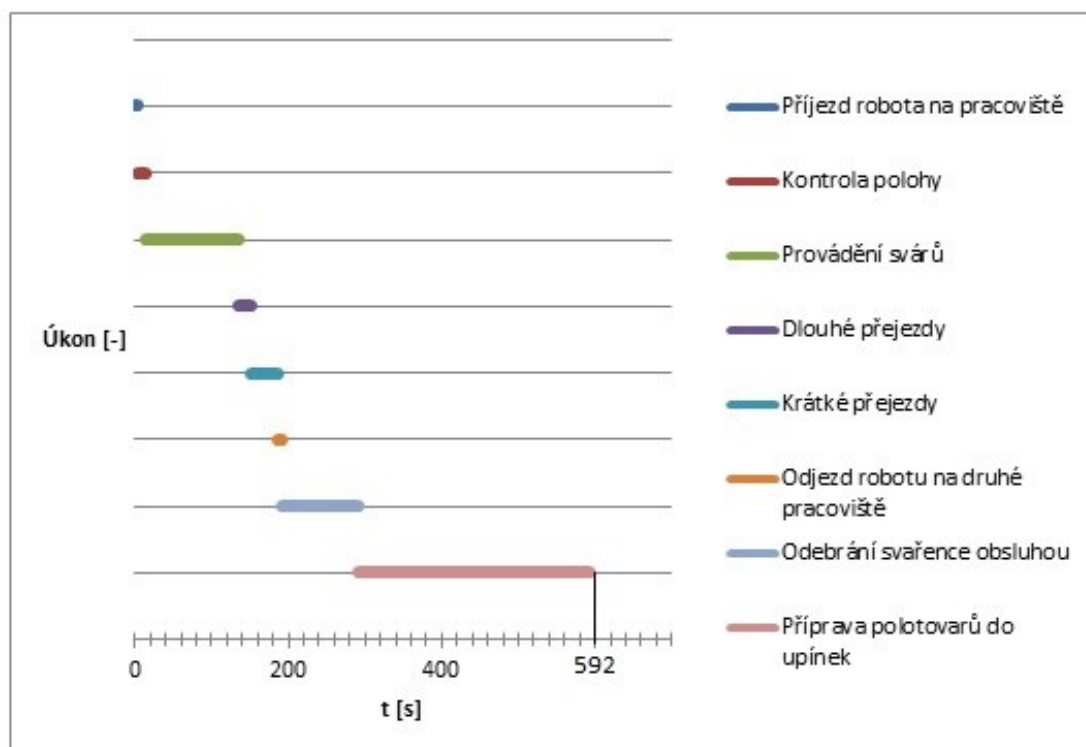
Pro příjezd robota na pracoviště a delší přesuny byla stanovena rychlost $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Běžná rychlost provádění sváru je $0,02 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Výpočet celkové délky sváru:

$$s_s = 4 \cdot 63 \cdot 10 = 3720 \text{ mm}$$

Výpočet celkové délky krátkých přesunů:

$$s_{kp} = 4 \cdot 63 \cdot 50 = 12\,600 \text{ mm}$$

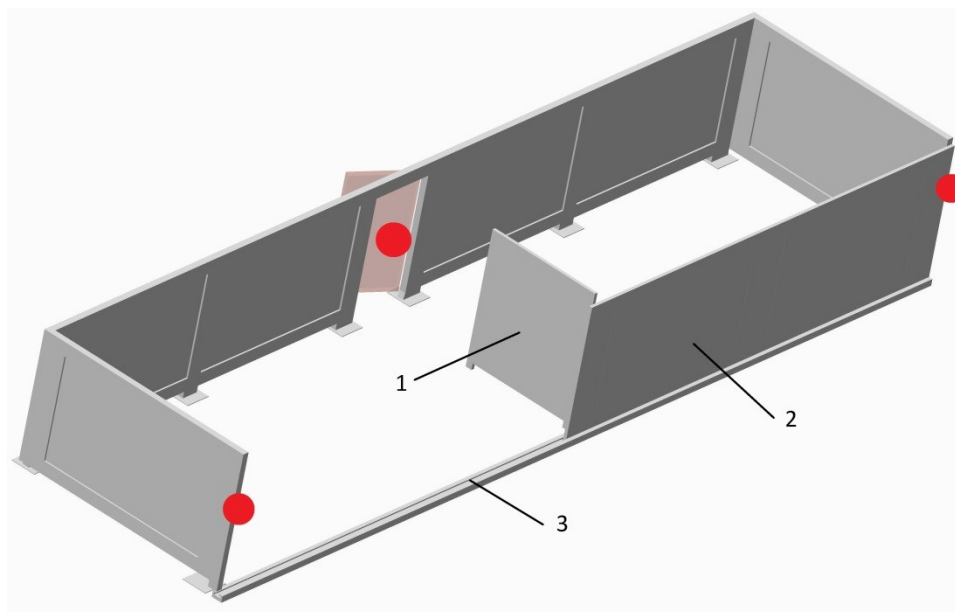


16 Časový diagram práce na jednom pracovišti

Z důvodu poměrně nízkého času pracovního cyklu (viz obr. 16) bylo na pracoviště zavedeno druhé polohovadlo, aby došlo k efektivnějšímu vytížení robota, a zároveň bude mít obsluha více času na ustavení polotovarů a manipulaci s hotovým svařencem, tudíž bude snížen faktor možné chyby v ustavení.

6 Bezpečnostní prvky pracoviště

Celé pracoviště je ohraničeno neprůhlednými zástěnami, díky kterým nedochází k ozařování okolí pracoviště a je zamezen vstup neoprávněných osob. Mezi polohovadly se nachází taktéž neprůhledná přepážka (viz obr. 17, poz. 1), která zaručuje možnost bezpečné vkládání polotovarů do přípravku na jednom polohovadle za současného svařování na polohovadle druhém.



17 Bezpečnostní prvky pracoviště

Jedna stěna (viz obr. 17, poz. 2) clony je umístěna na koleji v podlaze (viz obr. 17, poz. 3), která zaručuje úplné zakrytí jednoho pracoviště, na kterém zrovna probíhá svařovací proces. Závěsné řešení pojezdu stěny nebylo možné z důvodu narušení prostoru pro odběr hotových svařenců.

Po obvodu clony v místech dorazu pohyblivé stěny a dveří jsou umístěny polohové senzory (viz obr. 17, červeně), které jsou napojeny na řídicí systém robotu a nedovolují spustit svařovací proces, pokud není buňka kompletně uzavřena.

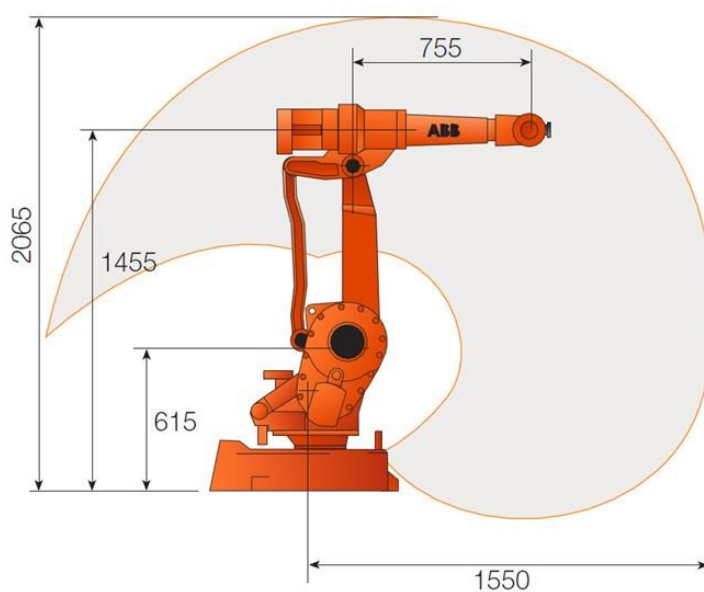
Při svařovacím procesu vzniká značné množství zplodin, které je třeba odsávat. Zde je toto řešeno za pomoci centrálního systému odsávání ve výrobní hale. Lokální odsávání by bylo značně ztíženo nutností zajistit přístup jeřábu k pracovišti.

7 Robot IRB 2400-10

Ve světě velice populární robot díky své jednoduchosti a robustním provedením. Robot se skládá z minima dílů, díky čemuž je velice spolehlivý a nevyžaduje frekventovaný servis. Robot je vhodný pro obloukové svařování a svým dosahem a nosností plně vyhovuje na tento typ úlohy.

Specifikace		
Nosnost robotu, kg	12	
Počet os	6	
Dosah, mm	1 550	
Stupeň krytí	Foundry Plus 2	
Přesnost polohování, mm	0,03	
Fyzické parametry		
Celková výška, mm	1 564	
Rozměry základny, mm	723 x 600	
Hmotnost, kg	380	
Pohybové parametry		
Osa	Pracovní rozsah	Max. rychl.
Osa 1	360°	150°/s
Osa 2	210°	150°/s
Osa 3	125°	150°/s
Osa 4	400°	360°/s
Osa 5	240°	360°/s
Osa 6	800°	450°/s
Energetické parametry		
Napájecí napětí V, Hz	200-600, 50/60	
Spotřeba energie, kW	0,67	
Pracovní podmínky		
Teplota, °C	5 ÷ 45	
Vlhkost, %	max. 95	
Hluk, dB	max. 70	

18 Základní parametry robotu IRB 2400



19 Pracovní prostor robotu IRB 2400-10

IRC 5

IRC5 je pátou generací řídicích systémů společnosti ABB. Svou modulární koncepcí TrueMove a QuickMove, je klíčem k výkonu robotu v hledisku přesnosti, rychlosti, opakování, programování a synchronizace s externím zařízením.



20 IRC5

8 Periferie pracoviště

Komponenty svařovací sestavy byly zvoleny na základě kompatibility s robotem IRB 2400. Jedná se o svařovací zdroj, podávач drátu, svařovací hlavici a zásobník svařovacího drátu.

Svařovací zdroj

Zdroje Aristo jsou založeny na invertorové IGBT technologii, která zajišťuje vysokou spolehlivost a vynikající svařovací charakteristiky. Komunikační a řídicí systém CAN-bus optimalizuje flexibilitu zařízení. Díky menšímu potřebnému množství kabelů je zařízení spolehlivější. Zdroje jsou optimalizovány pro spolupráci s podavači Aristo™ YardFeed 2000, RoboFeed 3004, Aristo™ Feed 3004 a Aristo™ Feed 4804. Prodlužovací kabely v délce až 35 m poskytují dostatečný pracovní rádius.[8]

Napájení, V, Hz	3x400, 50/60
Účinník	0,9 (400 A)
Rozsah svař. proudu, A	16 - 400
Max. výstup, 40°C	
- při 35% DZ, A/V	400/36
- při 60% DZ, A/V	320/33
- při 100% DZ, A/V	250/30
Napětí na prázdko, V	55-90
Krytí	IP 23
Hmotnost, kg	63,5
Rozměry (d x š x v), mm	625 x 394 x 496

21 Základní parametry svařovacího zdroje Aristo MIG 4000i



22 Svařovací zdroj Aristo MIG 4000i

Svařovací hořák

Svařovací hořák ABIROB A500 disponuje jednoduchým designem a stavebnicovým charakterem, což zaručuje snadnou obsluhu a servis. Štíhlá konstrukce umožňuje dobrý přístup ke sváru. Hořák je kompatibilní s robotem IRB 2400.

Technická data dle EN 60 974-7:	
Chlazení	Vzduch
Výkon	500 A - CO2
	400 A - směsný plyn
Drát	0,8 - 1,6 mm

23 Parametry hořáku ABIROB A500



24 Hořák ABIROB A500

Podávач drátu

Aristo® RoboFeed 3004w je podavač obsahující řídicí systém a operační funkce jako jsou profuk plynu, zavádění drátu a reverzní podávání drátu. Podavač je vybaven pružnými podložkami pro absorpci rázů při vysoké akceleraci a rychlých pohybech robota. Lze použít se zdroji MIG 3001i/4001i/U4000i/5000i/U5000i/4000i W8/5000i W8/4002c/5002c and 6502c.

Vnější rozměry (d x š x v), mm	362 x 246 x 235
Hmotnost, kg	7,3
Třídy krytí, ochrana	IP 23
Hlavní přívod, V, Hz	42, 50/60
Rychlost podávání, m/min	0,8-30,0
Průměr drátu, nelegovaný, mm	0,6-1,6
Průměr drátu, nerez, mm	0,6-1,6
Průměr drátu, Al, mm	1,0-1,6
Průměr drátu, trubičkový drát (plněná elektroda)	0,8-1,6
Podávací kladky	30

25 Parametry podávачe drátu Aristo RoboFeed 3004w



26 Podávач drátu Aristo RoboFeed 3004w

Servisní jednotka hořáku

Servisní jednotka hořáku je kombinovaným nástrojem pro podporu procesu, který zaručí a zajistí nejvyšší možné využití, kvalitu a produktivitu vaší robotické svařovací jednotky.

Servisní jednotka hořáku se skládá ze tří funkčních jednotek:

- Čistič hořáku
- Nástroj pro kalibraci středu nástroje
- Stříhač drátu

Svařovací pistole je pevně upnutá v čelistech, kde fréza vyčistí hubici pistole. Poté, co je hubice vyčištěna od rozstříku, dojde k jejímu vystříkání nepřilnavou směsí a kalibrační jednotka pak předá robotovi informace o nové geometrii hubice pistole. Při svařovacích procesech je důležitá kalibrace svařovacího nástroje. Toto zařízení umožňuje kalibraci najetím hořáku do jediného místa bez dalších pohybů, čímž je čas kalibrace zkrácen na minimum. Pokud při kalibraci jednotka vyhodnotí, že délka svařovacího drátu není správná nebo je svařovací drát vyhnutý, dojde k novému odstřížení drátu v čistící jednotce a následnému opakování kalibrace. Tím je zajištěna ještě před začátkem svařovacího programu správná délka a přímost svařovacího drátu. Kontrolou svařovacího drátu je zajištěno, že svár bude započat na požadovaném místě.

Servisní jednotka	
Celková hmotnost	35 kg
TC 96	
Napájecí napětí	24 V, DC
Připojení stlačeného vzduchu	1/4", 5-10 bar
Spotřeba stlačeného vzduchu	25 l/cyklus
Stříhač drátu	
Max. průměr svař. drátu	1,2 mm
Kalibrace středu	
Přesnost	± 0,16 mm

27 Parametry servisní stanice hořáku a jejích komponent



28 Servisní stanice hořáku TSC

Polohovadlo

Z důvodu různých délek svařovaných brán bylo nutné zvolit polohovadlo s nastavitelnou délkou rozteče stolic polohovadla. Toto kritérium splňuje polohovadlo firmy Koike Aronson, Inc., jehož jedna stolice je umístěna na kolejnici, která umožňuje nastavit požadovanou rozteč pro daný svařenec a tímto je zajištěna možnost svařování všech svařenců na jediném typu polohovadla. Pro tuto výrobu bude postačovat polohovadlo HTS 5-GE s nosností do 2 tun.



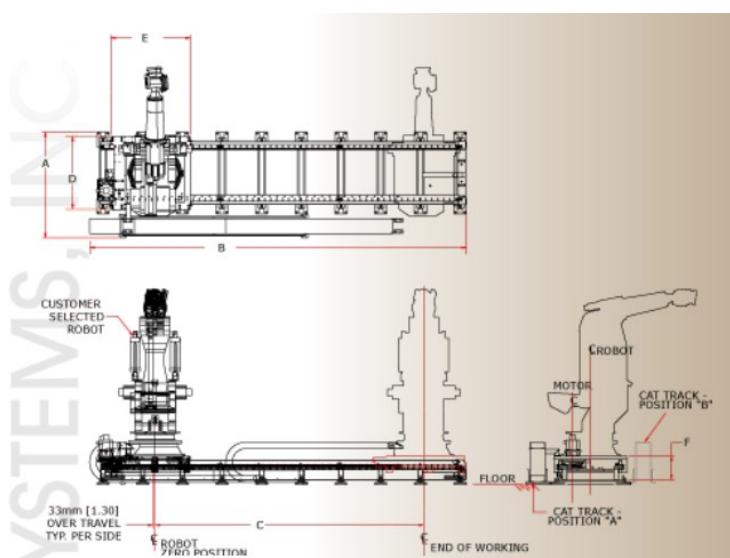
29 HT 5-GE

Pojízdňý modul

K zajištění dostatečného dosahu svařovacího robotu po celé délce pracoviště bylo nutné zavést sedmou osu robotu v podobě lineárního pojízdňého modulu. Modul musí splňovat požadavky na nosnost a přesnost polohování platformy. Pojízdňý modul od firmy EASOM poskytuje dostatečné parametry, co se týká rychlosti pohybu platformy, přesnosti polohování, celkové délky lineárního vedení, nosnosti i vedení kabeláže. Z důvodu poměrně vysoké hmotnosti svařovacího robotu včetně jeho příslušenství bude nutno zvolit modul nejvyšší nosnosti – Heavy Duty. Tabulka rozměrů je uvedena níže (tab. č. 30) s označením rozměrů viz obr. 31.

Specifikace		Heavy Duty
Celková šířka (A)		1766 mm
Délka pojezdu (C)		Od 2 do 30 m (po 0,5 m)
Rychlost pojezdu		1;1,5;2 m/s
Přesnost polohování		$\pm 0.1 \div \pm 1$ mm
Rozměry připojovací desky	Šířka (D)	1219 mm
	Délka (E)	1321 mm
Výška platformy (F)		463 mm
Nosnost		Více než 300 kg

30 Parametry pojízdňého modulu



31 Rozměry pojízdňého modulu



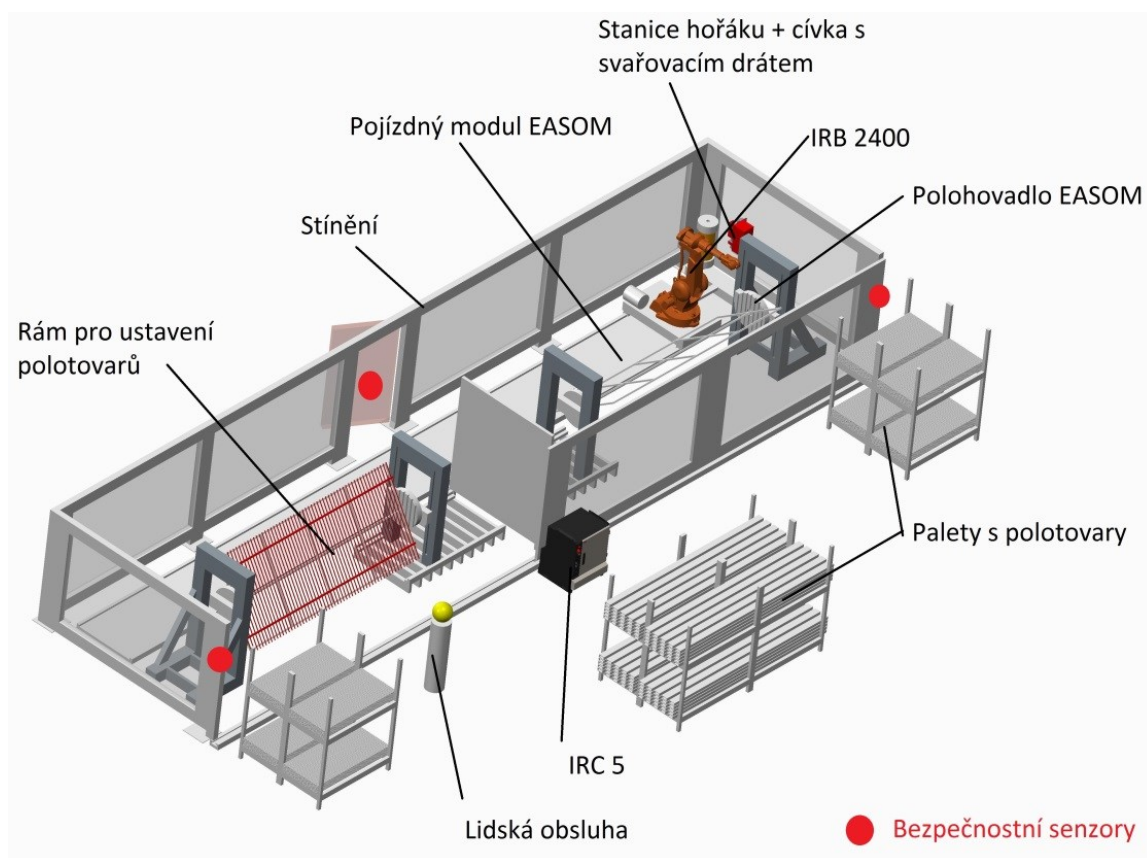
32 Easom - sedmá osa robotu

9 Sestava pracoviště

Celková půdorysná zástavbová plocha pracoviště je 13,7 x 7,85 m, včetně zásobníků s polotovary. Rozmístění a rozměry jednotlivých periferií jsou znázorněny na obr. 33 a také v příložené výkresové dokumentaci. Obsluha pracoviště odebírá polotovary ze zásobníku a vkládá je do upínek umístěných na přípravcích. Přípravky jsou upnuty v polohovadlech, které umožňují rotaci kolem horizontální osy. Po vložení všech polotovarů se vlivem stlačeného vzduchu v upínkách zamezí samovolného pohybu polotovarů. Pojízdná stěna uzavře svařovací buňku, robot přijede na pracoviště, provede kontrolu polohy a může začít svařovací proces. Podmínkou správného chodu pracoviště je synchronizace robotu, pojízdného modulu a polohovadel, o kterou se stará řídicí jednotka. Servisní jednotka hořáku byla umístěna na plošinu připojenou k platformě pojízdného modulu tak, aby robot pokaždé nemusel zajíždět do krajní polohy.

Během svařování se obsluha přesune do druhé poloviny pracoviště a provede přípravu polotovarů na druhém polohovadle stejným způsobem jako na polohovadle prvním. Obě dílčí pracoviště mají vlastní zásobníky s polotovary, tudíž se je možno na každém z polohovadel svařovat odlišný typ brány podle aktuální poptávky.

Po dokončení svařovacího procesu obsluha vypne přívod stlačeného vzduchu, čímž uvolní upínky, a pomocí halového jeřábu odebere hotový svařenec z polohovadla. Pracoviště je tak připraveno pro další zakládání polotovarů pro další svařenec.



33 Pohled na model RTP

10 Závěr

Předmětem práce bylo navrhnout robotizované pracoviště pro svařování rozměrných svařenců. Konkrétně se jednalo o svařování brán různých velikostí svařovaných z různých ocelových profilů.

Byly navrženy dvě varianty, které se lišily hlavně ve volbě robotu obstarávajícího svařovací proces a jeho způsobu umístění na pracovišti. Po provedení hodnotové analýzy se jako výhodnější jevila varianta A, jejích hlavní výhodou byl ničím nenarušený přístup ke svařenci shora.

Po provedení časové analýzy svařovacího procesu bylo na pracoviště zavedeno druhé polohovadlo za cílem efektivnějšího využití robotu. Pracoviště bylo ošetřeno z hlediska bezpečnosti hlavně, co se týče zamezení vstupu nežádoucích osob do prostoru svařování.

Pro samotný svařovací proces byl vybrán robot firmy ABB a k němu kompatibilní periferie k zajištění chodu pracoviště, které jsou popsány základními parametry v technické zprávě. Umístění RTP v hale a rozmístění jednotlivých periferií na pracovišti je znázorněno v přiložené výkresové dokumentaci.

11 Použitá literatura

- [1]ALBRECHT, I. *Robotika a robotizované pracoviště*. Pardubice, 2009 Bakalářská práce na dopravní fakultě Jana Pernera na katedře elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací techniky v dopravě. Vedoucí: Ing. Daniel Fuchs
- [2]Marek Pantůček, Jaroslav Veselý. Robotizace ve světě svařování. *Automig* [online] 1997,SDSM 2/2007, str30-31 [cit.2013-10-4] Dostupný z: http://automig.cz/fileadmin/pub/doc/pdf/DSSM_%202_2007%20migatronic_cl.pdf
- [3]Boki: Robotizované systémy[online][cit.2013-10-4] Dostupný z: <http://www.boki.cz/produkty/portaly-a-sloupy-manipulatory/>
- [4] Brány posuvné[online][vid.2013-10-5] <http://branyposuvne.cz/posuvne-brany>
- [5] Posuvné brány[online][vid.2014-5-18] <http://www.beves.cz/cs--posuvne-brany.html>
- [6] LEINVEBER, Jan; VÁVRA Pavel. *Strojnické tabulky*. Praha: Albra, 2003. 865 s
- [7]Tabulky pro výpočet spotřeby elektrod [online] Dostupné z: <http://www.hanousek.cz/editor/filestore/File/Tabulky%20pro%20vypocet%20spotreby%20elektrod.pdf>
- [8]Svařovací technika[online] Dostupné z: <http://www.hanousek.cz/>

12 Seznam obrázků, grafů a tabulek

1 Portálová pracoviště pro svařování dlouhých svařenců [3]	11
2 Schéma posuvné brány[4]	12
3 Základní tvary posuvných brán	12
4 Plotové pole typu rádius	13
5 Varianta A	14
6 Varianta B	15
7 Hodnocení kritérií	16
8 Metoda porovnávání v páru	16
9 Graf určení významnosti	17
10 Výsledné porování variant	17
11 Rozměry základního typu brány	18
12 Nárys palety pro tyče 4HR-10	19
13 Pneumatické upínky DESTACO	20
14 Odebírání hotového svařence z polohovadla	20
15 Dráha hlavice robotu při provádění sváru na 0,5m vzorku brány	21
16 Časový diagram práce na jednom pracovišti	22
17 Bezpečnostní prvky pracoviště	23
18 Základní parametry robotu IRB 2400	24
19 Pracovní prostor robotu IRB 2400-10	24
20 IRC5	25
21 Základní parametry svařovacího zdroje Aristo MIG 4000i	26

22 Svařovací zdroj Aristo MIG 4000i	26
23 Parametry hořáku ABIROB A500	26
24 Hořák ABIROB A500	27
25 Parametry podáváče drátu Aristo RoboFeed 3004w	27
26 Podáváč drátu Aristo RoboFeed 3004w	27
27 Parametry servisní stanice hořáku a jejích komponent	28
28 Servisní stanice hořáku TSC	29
29 HT 5-GE	29
30 Parametry pojízdného modulu	30
31 Rozměry pojízdného modulu	30
32 Easom - sedmá osa robotu	31
33 Pohled na model RTP	32

13 Seznam příloh

- A *RTP. zah0026_1*
- B *Umístění RTP v hale. zah0026-02-hala*